

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Численные методы механики жидкостей

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Направленность образовательной программы

Информационное и программное обеспечение. Инженерия

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.02 Численные методы механики жидкостей относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-6: Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построения алгоритма и его реализации	ПК-6.1: Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его. ПК-6.2: Владеет навыками решения практических задач, анализа результатов решения.	ПК-6.1: Уметь осуществлять анализ и выбор методов и алгоритмов решения задач механики жидкости, а также выбора корректного метода исследования научной проблемы. ПК-6.2: Владеть навыками решения практических задач в области механики жидкости, а именно решения научных задач в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой, а также анализом результатов решения.	Сообщение Собеседование	Экзамен: Доклад
ПК-9: Умение использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование	ПК-9.1: Знает теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике. ПК-9.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование для решения задач механики на основе полученных теоретических	ПК-9.1: Знать классические модели механики жидкостей и газов, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных исследований, методы проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований. ПК-9.2: Уметь проводить расчётные исследования, выбирать и	Собеседование	Экзамен: Доклад

	<p>знаний.</p> <p>ПК-9.3: Имеет практический опыт использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики.</p>	<p>применять современные программные комплексы, получать, обрабатывать и анализировать результаты исследований, а также современное экспериментальное оборудование для решения задач механики жидкостей и газов.</p> <p>ПК-9.3: Владеть опытом использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики жидкостей и газов.</p>		
--	---	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	2
самостоятельная работа	74
Промежуточная аттестация	36
	Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора торные	Всего	

			работы), часы		
	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О	О Ф О
Введение. Математическое моделирование и механика	3	1		1	2
Сведения о компьютерных системах для гидро-газо-динамических расчетов	6		2	2	4
Математические модели механики жидкостей и газов	8	2		2	6
Геометрическое моделирование и дискретизация пространственных областей	14		2	2	12
Обзор численных методов решения задач гидро-газо-динамики	6	2		2	4
ANSYS: методы решения задач гидро-газо-динамики	8		2	2	6
Методы численного решения задач механики жидкостей	22	10		10	12
ANSYS: решение задач гидро-газо-динамики	36		10	10	26
Обзор курса	3	1		1	2
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	16	16	34	74

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Введение. Математическое моделирование и механика.
2. Сведения о компьютерных системах для гидро-газо-динамических расчетов.
3. Математические модели механики жидкостей и газов.
4. Геометрическое моделирование и дискретизация пространственных областей.
5. Обзор численных методов решения задач гидро-газо-динамики.
6. ANSYS: методы решения задач гидро-газо-динамики.
7. Методы численного решения задач механики жидкостей.
8. ANSYS: решение задач гидро-газо-динамики.
9. Обзор курса.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и лабораторного типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях лабораторного типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях лабораторного типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (экзамен).

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

1. Псевдонестационарный подход. Аналогия между итерационными процедурами и решением систем эволюционных уравнений.
2. Основные принципы построения сеток.
3. Методы альтернативных неявных направлений.
4. Алгоритмы семейства SIMPLE.
5. Метод конечных объемов.
6. Основные виды граничных условий и их реализация в сеточных методах.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-6:

1. Уравнения движения вязкой жидкости.
2. Турбулентность. Основные характеристики турбулентных потоков.
3. Гипотеза вихревой вязкости. Модели турбулентности, основанные на гипотезе вихревой вязкости.
4. Сходимость, согласованность, устойчивость, точность решения. Искусственная вязкость и дисперсия.
5. Схемы «против потока» и устойчивость этих схем.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				

(индикатор достижения)							
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»

	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Симметричное обтекание уступа потоком вязкой несжимаемой жидкости.
2. Течение в нише и его взаимодействие с внешним потоком. Исследование влияния «дальних» граничных условий на течение в районе ниши.
3. Обтекание цилиндра потоком вязкой несжимаемой жидкости. Исследование влияния чисел Рейнольдса на структуру обтекания и распределенные нагрузки, действующие на цилиндр.
4. Сверхзвуковое обтекание цилиндра.
5. Неньютоновские течения сред в каналах.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Доклад) для оценки сформированности компетенции ПК-9

1. Обтекание тела с теплообменом.
2. Гидродинамика течений со свободными границами: формирование и распространение волн конечной амплитуды.
3. Исследование задачи относительного равновесия жидкости со свободными границами.
4. Симметричное погружение клиновидного профиля в несжимаемую жидкость.
5. Обтекание профиля потоком вязкого газа на дозвуковом и сверхзвуковом режимах.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок.

Оценка	Критерии оценивания
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Моделирование движительно-рулевого комплекса судна на воздушной подушке : учебно-методическое пособие / В. В. Шабаров, П. С. Кальясов, Л. А. Игумнов, В. А. Шапошников ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 50 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851315&idb=0>.

Дополнительная литература:

- Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен : в 2 т. Т. 1 / пер. с англ. С. В. Сенина, Е. Ю. Шальмана ; под ред. Г. Л. Подвидза. - М. : Мир, 1990. - 384 с. : ил. - ISBN 5-03-001927-8 : 1.80., 1 экз.
- Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен : в 2 т. Т. 2 / пер. с англ. С. В. Сенина, Е. Ю. Шальмана ; под ред. Г. Л. Подвидза. - М. : Мир, 1990. - 723, [3] с. : ил. - ISBN 5-03-001928-6 : 1.80., 1 экз.
- Белоцерковский Олег Михайлович. Метод крупных частиц в газовой динамике : вычисл. эксперимент. - М. : Наука, 1982. - 391 с. : ил. - 5.20., 3 экз.
- Численное решение многомерных задач газовой динамики / под ред. С. К. Годунова. - М. : Наука, 1976. - 400 с. : ил. - 1.75., 3 экз.
- Коннор Дж. Метод конечных элементов в механике жидкости / пер. с англ. Н. Б. Плисова, К. В. Рождественского. - Л. : Судостроение, 1979. - 263 с. : ил. - 3.00., 2 экз.
- Пейре Роже. Вычислительные методы в задачах механики жидкости / пер. с англ. и ред. Н. Е. Вольцингера [и др.]. - Л. : Гидрометеиздат, 1986. - 351, [1] с. : ил. - 4.40., 1 экз.
- Роуч П. Вычислительная гидродинамика / пер. с англ. В. А. Гущина, В. Я. Мясницкого ; под ред. П. И. Чушкина. - М. : Мир, 1980. - 616 с. : ил. - 3.40., 2 экз.
- Основы механики сплошных сред. Электронный задачник "Основы механики сплошных сред: гидромеханика и акустика" : учебно-методический комплекс / С. Н. Гурбатов, И. Ю. Грязнова, И. Ю. Демин [и др.] ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 95 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851181&idb=0>.
- Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей : в 2 т. Т. 2. Методы расчета различных течений / пер. В. Ф. Каменецкого ; под ред. Л. И. Турчака. - М. : Мир, 1991. - 552 с. : ил.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. ANSYS FLUENT, ANSYS CFX, ANSYS ICEM
2. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm>
3. Любимов А.К., Шабарова Л.В. Методы построения расчетных сеток в пакете ANSYS ICEM CFD: Электронное методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. – 25 с. (<http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/files/128.pdf>).
4. Шабаров В.В. Применение системы ANSYS к решению гидрогазодинамических задач. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 108 с. (<http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/3.pdf>).
5. 4. Шабаров В.В. Расчет гидроаэродинамических характеристик крыльев вихревыми методами. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». Нижний Новгород, 2007, 39 с. (<http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/58.pdf>).

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 01.04.03 - Механика и математическое моделирование.

Автор(ы): Жидков Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.